



OILT 1807.0906  
SN 09/450,716  
François THOUY et al.  
F.1 et 11-30-99  
DEVICE AND METHOD

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION



## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **08 DEC. 1999**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES **11 OCT 1999**  
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL **9912648**  
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT **75 INPI PARIS**  
DATE DE DÉPÔT **11 OCT. 1999**

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  
**RINUY, SANTARELLI**  
**14, avenue de la Grande Armée**  
**75017 PARIS**

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention ☐ demande divisionnaire  
☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande  
de brevet européen

☐ demande initiale  
☐ brevet d'invention

n° du pouvoir permanent références du correspondant téléphone  
**BIF022192/FR/EP 01 40 55 43 43**

Établissement du rapport de recherche

☐ différé ☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui ☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

**Dispositif et procédé d'optimisation d'un système de transmission à  
modulation multiporteuses.**

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

**CANON KABUSHIKI KAISHA**

Forme juridique

**Société de droit  
Japonais**

Nationalité (s)

**JAPONAISE**

Adresse (s) complète (s)

**30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, JAPON**

Pays

**JAPON**

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui ☒ non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

**Bruno QUANTIN N° 92.1206**  
**RINUY, SANTARELLI**

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

BIF022192/FR/EP

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9912648

TITRE DE L'INVENTION :

Dispositif et procédé d'optimisation d'un système de transmission à modulation multiporteuses.

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Société de droit Japonais CANON KABUSHIKI KAISHA

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

THOUMY François

6 impasse du Lieu Verrier, 35250 CHEVAIGNE, France.

ROUSSELIN Samuel

37, rue Saint Héliier, 35000 RENNES, France.

LE BARS Philippe

La Grée d'Epron, EPRON, 35410 NOUVOITOU, France.

EHRMANN Frédérique

37, rue P.V. Varin de la Brunelière, 35700 RENNES, France.

LE SCOLAN Lionel

3 square Roland Garros, 35000 RENNES, France.

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

le 12 Octobre 1999

Bruno QUANTIN N°92.1206  
RINUY, SANTARELLI

« Dispositif et procédé d'optimisation d'un système de transmission à modulation multiporteuses »

5 L'invention relève du domaine des procédés de transmission d'information sous forme de signal notamment électromagnétique. Elle concerne plus particulièrement le choix du procédé de réduction du rapport amplitude crête sur amplitude moyenne habituellement nécessaire dans les systèmes de transmission utilisant une modulation de type multiporteuse.

10 On rappelle qu'un système de transmission d'informations émet de façon générale des symboles (chaque symbole étant par exemple une séquence de données binaires) à transmettre en série, occupant ainsi une bande de fréquences qui doit nécessairement être plus grande que l'inverse de la durée d'un symbole. Lorsque le débit des symboles devient trop élevé, il est  
15 impossible de garantir que le canal présente des caractéristiques d'amplitude et de phase identiques sur tout l'espace des fréquences constituant la bande passante. Ces distorsions induisent des interférences entre symboles, qui doivent être combattues avec un dispositif appelé égaliseur, qui est relativement complexe.

20 Une possibilité pour éviter ce problème est de répartir le signal (formé de la suite des symboles) à transmettre sur un grand nombre de porteuses en parallèle, individuellement modulées à bas débit. Du fait que le débit est bas pour chaque porteuse, la bande passante nécessaire est plus petite et donc il est probable que les caractéristiques de fréquence et de phase seront  
25 identiques pour toutes les fréquences constituant cette bande.

Cette technique s'appelle le multiplexage à division de fréquences, la position des porteuses étant choisie de façon à éviter les interférences entre elles. Un cas particulier est alors le multiplexage à division de fréquences orthogonales (en anglais Orthogonal Frequency Division Multiplex, ou OFDM  
30 selon le terme couramment employé par l'homme de l'art), pour lequel l'espacement entre deux sous porteuses adjacentes (des sous porteuses les plus proches en terme de fréquence) correspond à l'inverse de la durée d'un symbole émis.

Toutefois par suite des imperfections du canal de transmission, un symbole émis peut être estimé de façon erronée à la réception. Cet inconvénient peut être très dommageable et imposer par exemple, si du moins il est détectable, de coûteuses procédures de retransmission.

- 5            Pour améliorer cette situation, on peut transmettre non plus la séquence d'informations elle-même, mais une suite de blocs de symboles, chacun de ces blocs étant la transformée de Fourier discrète, éventuellement inverse, d'un bloc correspondant de symboles d'information.

- 10           L'avantage de cette procédure en cas de défaut de transmission sur le canal est que l'ensemble des symboles reçus seront affectés d'une faible erreur d'estimation. Dans le cas où la procédure n'est pas appliquée, un seul symbole serait affecté d'une forte erreur d'estimation, pouvant entraîner une détection erronée. On espère que chacun des symboles sera correctement estimé grâce aux symboles de la transformée de Fourier qui sont correctement démodulés.

- 15           La technique qui vient d'être décrite rentre dans la catégorie des méthodes de multiplexage par division en fréquence orthogonale (en anglais OFDM, pour Orthogonal Frequency Division Multiplex, selon le terme couramment utilisé par l'homme de l'art). Pour comprendre l'équivalence de cette technique avec l'OFDM au sens strict, on peut consulter par exemple le
- 20           chapitre 15 du livre Modern QAM de Webb Hanzo.

- Cette méthode de modulation, appelée OFDM dans la suite du texte, est appliquée de la façon suivante : un vecteur complexe comportant  $n$  composantes à transmettre (par exemple de façon classique connue de l'homme de l'art, des nombres complexes faisant partie d'un ensemble créant
- 25           un alphabet du plan complexe adapté à correspondre aux différentes séquences de données à transmettre) est transformé avec une transformée de Fourier inverse (IFFT), c'est à dire par un produit matriciel d'une matrice de transformée de Fourier inverse (dite par simplification "matrice de Fourier") à  $n$  lignes et  $n$  colonnes par le vecteur des  $n$  données à transmettre. L'alphabet est
- 30           en général celui des modulations de phase et d'amplitude.

             Il résulte de ce produit matriciel un vecteur, dit "vecteur transformé", de  $n$  nombres complexes, qui forment une suite de nombres dont les amplitudes sont transmises successivement par le dispositif. Cette série d'amplitudes

correspondant à une séquence de  $n$  données à transmettre est appelée un symbole OFDM de bande de base.

5 Ce signal peut lui-même moduler une porteuse de fréquence plus élevée pour pouvoir être transmis en bande transposée, selon une technique classique.

La réception ou démodulation en bande de base est réalisée par la multiplication du vecteur transformé reçu par la matrice de la transformée de Fourier directe (ou la matrice de la transformée inverse si on a utilisé une transformée directe à l'émission). Le vecteur reçu est l'image du vecteur issu de  
10 l'émission OFDM mais modifié en ce qu'il a traversé un canal de communication dans lequel il a subi des interférences, une addition de bruit ou des évanouissements partiels.

La démodulation OFDM ne restitue donc pas les composantes initiales du vecteur complexe associé à la séquence de données à transmettre, mais  
15 plutôt des composantes approximatives. La restitution de l'information se fait après un processus de décision, qui consiste à mesurer la distance de chaque composante calculée après réception à chaque point de l'alphabet de codage utilisé pour l'émission, et à assimiler la composante calculée après réception, au point de l'alphabet qui correspond à la plus petite distance.

20 Au lieu d'avoir, comme dans une transmission classique en série, la majorité des données parfaitement reçues et quelques données totalement perdues, on répartit en fait les erreurs de transmission sur l'ensemble des points, ce qui garantit presque toujours une possibilité de reconstituer la totalité des informations initiales.

25 Ce mode classique de transmission par OFDM présente cependant un inconvénient majeur. La transformée de Fourier discrète crée (par l'effet du produit matriciel) une combinaison linéaire des  $n$  symboles à transmettre et certains vecteurs complexes critiques, associés à des séquences critiques de données, peuvent résulter après transformée de Fourier en vecteurs  
30 transformés dont la suite des amplitudes des composantes présente des maxima locaux (correspondant alors à des crêtes de signal) très importants, par rapport à la moyenne des amplitudes desdites composantes du vecteur transformé.

Le rapport amplitude crête sur amplitude moyenne des vecteurs transformés correspondant à ces séquences critiques (ou de façon équivalente à ces vecteurs complexes critiques) est donc très élevé.

Ces séquences critiques créent une difficulté pour les dispositifs en aval  
 5 car en pratique un amplificateur ou un modulateur ne sont pas fidèles pour restituer des variations rapides d'amplitudes élevées. Cela se traduit alors par de l'écrêtage, à savoir la non transmission des crêtes de signal, et donc la perte des informations correspondantes. Par ailleurs, ceci introduit une distorsion harmonique qui est un des problèmes majeurs des systèmes de transmission,  
 10 car elle est impossible à annuler.

De façon théorique, on démontre que l'amplitude maximale est directement fonction de la longueur de la séquence de symboles à transmettre .

Il est donc très souhaitable de réduire cette amplitude maximale de façon à utiliser toute la dynamique des amplificateurs sans provoquer  
 15 d'ecrêtage ou de distorsion .Plusieurs solutions ont été exposées pour réduire ce problème de crêtes. Une des techniques est d'interdire les séquences de symboles créant des maxima de rapport crête sur moyenne du symbole OFDM. Ceci est réalisé par codage, introduisant de la redondance et donc une réduction de débit de symboles utiles. Un exemple de mise en œuvre de cette  
 20 solution est exposé dans le brevet US 5 636 247 de Lucent Technologies Inc.

Une autre solution consiste à calculer la transformée de Fourier inverse des séquences de symboles à transmettre, puis à mesurer les rapports crête / moyenne des vecteurs transformés ainsi obtenus, et par bouclage à modifier les phases des composantes des vecteurs complexes critiques correspondant  
 25 aux crêtes. La mesure de ces crêtes passe par le calcul d'une autre transformée de Fourier discrète. Une telle technique est exposée dans le brevet US 5 610 908 de British Broadcasting Corporation. Une troisième solution consiste à modifier les coefficients des matrices de Fourier (Inverse et Directe) de façon à éviter ou limiter l'apparition de ces crêtes. Ce procédé induit une  
 30 légère dégradation du taux d'erreur. A titre d'exemple, une solution de ce type a été proposée par Canon (demande de brevet français FR 98.13261).

Toutes ces solutions actuellement mises en œuvre ont pour inconvénient soit d'altérer le débit binaire de la transmission, soit d'altérer la



qualité de cette transmission, soit d'être complexes.

La présente invention entend proposer un nouveau procédé d'optimisation d'un système de transmission d'information utilisant une modulation multiporteuses, ce procédé présentant une meilleure efficacité de transmission.

A cet effet, le procédé de transmission de groupes de données sur un canal de transmission utilisant une modulation de type multiporteuses, se caractérise en ce que une mesure d'importance est attribuée à chaque donnée ou groupe de données à transmettre, et en ce que les données les plus importantes sont émises après modulation privilégiant un taux d'erreur minimal, les autres données étant émises après modulation privilégiant un débit de données maximal.

On comprend que, d'une manière générale, l'invention cherche à optimiser la qualité perçue d'une transmission utilisant une modulation OFDM en tirant parti de la connaissance de l'importance des données à transmettre.

En effet, suivant la nature des données transmises, une amélioration de la qualité perçue pourra être obtenue soit en augmentant le débit des données (donc en accédant plus vite à la totalité des données) soit en diminuant le taux d'erreur dans la transmission de ces données.

Un exemple simple de données pouvant être transmises suivant l'invention est celui d'une image comportant un sujet et un arrière-plan ; le sujet doit être transmis avec le plus faible taux d'erreur possible alors que l'arrière plan doit être transmis le plus rapidement possible.

L'invention cherche à réaliser une variété de transmission OFDM présentant une minimisation du maximum des rapports crête / moyenne des symboles transmis, ce système de minimisation étant choisi dynamiquement parmi les systèmes connus de façon à optimiser la qualité perçue de la transmission.

L'invention cherche à réaliser un système de faible coût et de mise en œuvre simple.

L'invention s'applique au système de communication, c'est à dire modifie l'émetteur comme le récepteur.

L'invention vise également un procédé d'émission de données d'un

dispositif local A vers un dispositif distant B par un canal de transmission, le dispositif local A comportant une source de données, deux modulateurs multiporteuses adaptés pour le premier à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs adaptés à sélectionner un modulateur, un interface radio fréquences RF

caractérisé en ce qu'il comporte des opérations de :

- réception en provenance de la source d'une nouvelle suite de données à émettre

- extraction de l'information d'importance qui lui est associée et analyse de cette information

- si la donnée est considérée comme hautement significative, insertion d'une information "Most Significant Data" et application d'un algorithme qui génère un symbole OFDM après ajout de bits de redondance qui diminuent la valeur crête du signal (privilégiant le taux d'erreur minimal)- si la donnée est considérée comme moins significative, insertion d'une information "Least Significant Data" et application d'un algorithme qui génère un symbole OFDM en utilisant une matrice de transformée de Fourier rapide inverse (IFFT) modifiée de façon à diminuer la valeur crête du signal (privilégiant le débit maximal),

- émission du symbole OFDM généré, par l'intermédiaire de l'interface RF.

Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape d'insertion de l'information représentative du type de modulateur choisi sera combinée avec l'étape d'insertion de données de synchronisation.

L'invention vise également un procédé de réception de données émises par un dispositif distant A via un canal de transmission, le dispositif de réception B comportant un récepteur radio-fréquences, deux démodulateurs multiporteuses adapté pour le premier à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs adaptés à sélectionner un démodulateur, une unité d'extraction de type de démodulateur à utiliser,

caractérisé en ce qu'il comporte des opérations de :

- réception par le récepteur radio-fréquences d'une nouvelle suite de données,

- extraction de l'information d'importance qui lui est associée et analyse de cette information,

5           - génération d'un signal de commande représentatif du type de démodulation à appliquer),

- si la donnée est considérée comme hautement significative, application d'une démodulation privilégiant un taux d'erreur minimal ,

10           - si la donnée est considérée comme moins significative, application d'une démodulation privilégiant un débit de données maximal

- envoi des données démodulées vers la destination

15 L'invention vise également sous un autre aspect un dispositif d'émission de données A vers un dispositif distant B par un canal de transmission, le dispositif A comportant une source de données , un interface radio fréquences RF,

caractérisé en ce que le dispositif selon l'invention comporte également deux modulateurs multiporteuses adapté pour le premier à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second à privilégier le débit de données maximal, et des multiplexeurs adaptés à sélectionner un modulateur, et une unité d'insertion

20 chargée d'insérer dans les données une information représentative du modulateur choisi selon un critère d'importance des données reçues de la source.

Sous encore un autre aspect, l'invention vise un dispositif de réception B de données émises par un dispositif distant A via un canal de transmission, le

25 dispositif de réception B comportant un récepteur radio-fréquences ,

caractérisé en ce que le dispositif de réception comporte également deux démodulateurs multiporteuses adaptés pour le premier à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs adaptés à sélectionner un démodulateur, une unité d'extraction

30 de données de contrôle (type de démodulateur à utiliser) et de génération d'un signal de commande des multiplexeurs.

L'invention vise aussi un téléphone, un appareil photographique, une imprimante, un scanner, une caméra, un ordinateur, un télécopieur, un

téléviseur, un lecteur audio / vidéo, caractérisés en ce qu'ils comportent un dispositif tel que succinctement exposé ci-dessus.

L'invention vise aussi :

5 - un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique caractérisé en ce qu'il permet la mise en œuvre du procédé de l'invention telle que succinctement exposée ci-dessus, et

10 - un moyen de stockage d'informations amovible, partiellement ou totalement, et lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique caractérisé en ce qu'il permet la mise en œuvre du procédé de l'invention telle que succinctement exposée ci-dessus.

Les avantages de ce dispositif, de ce réseau, de ce téléphone, de cet appareil photographique, de cette imprimante, de ce scanner, de cette caméra, de cet ordinateur, de ce télécopieur, de ce téléviseur, de ce lecteur audio /  
15 vidéo, et de ces moyens de stockage étant les mêmes que ceux du procédé tel que succinctement exposé ci-dessus, ils ne sont pas rappelés ici.

La description et les dessins qui suivent permettront de mieux comprendre les buts et avantages de l'invention. Il est clair que cette description est donnée à titre d'exemple, et n'a pas de caractère limitatif. Dans  
20 les dessins :

- la figure 1 représente le schéma bloc d'un système d'émission incluant l'invention ;

- la figure 2 représente le schéma bloc d'un système de réception incluant l'invention ;

25 - la figure 3 illustre un exemple de procédé d'insertion de l'information représentative du type de modulateur utilisé ;

- la figure 4 illustre un mode de réalisation de l'invention utilisant un ordinateur ;

30 - la figure 5 montre un algorithme du procédé conforme à l'invention, et exécuté par l'ordinateur.

Dans la description qui suit sont omises volontairement les descriptions détaillées des dispositifs de réduction du rapport crête / moyenne, ainsi que celles des dispositifs classiques de modulation OFDM.

A titre d'illustration, le mode de réalisation préféré sera décrit dans le cas d'une transmission de données représentant une image et compressées par la méthode dite "en sous-bandes", utilisant des algorithmes de réduction des crêtes par modification de la matrice de la FFT ou par ajout de bits de redondance (tel que décrit dans ce cas dans le document brevet US 5 636 247).

On rappelle ici succinctement, en ce qui concerne la méthode de compression des données par codage en sous-bandes, qu'elle permet de diviser l'image à transmettre en plusieurs blocs de données (appelés sous-bandes) hiérarchisés et ceci de façon itérative.

A la première itération, quatre sous-bandes de données sont créées : la première contient les fréquences basses de l'image, la deuxième les hautes fréquences horizontales, la troisième les hautes fréquences verticales et la quatrième les hautes fréquences diagonales.

Chaque sous-bande comporte quatre fois moins de données que l'image originale.

A la deuxième itération le premier bloc est lui même décomposé en quatre nouveaux blocs contenant les basses fréquences, les hautes fréquences horizontales, les hautes fréquences verticales, les hautes fréquences diagonales relatives à ce bloc.

Le nombre total de données étant constant à chaque itération, on peut continuer ainsi de suite jusqu'à l'obtention du résultat escompté (dans la mesure où il reste assez de points pour faire les opérations).

Ce processus de décomposition (sans pertes) est suivi par une étape de quantification (avec pertes) où les données présentes dans chaque bloc sont codées avec un niveau de quantification dépendant de la référence du bloc et du taux de compression souhaité.

Compte tenu de la sensibilité de l'œil humain qui est plus réceptif aux basses fréquences qu'aux hautes fréquences, on comprendra aisément que l'invention s'applique parfaitement à la transmission d'images compressées suivant cet algorithme. En effet celui-ci fournit directement l'information représentative de l'importance de chaque donnée ou bloc de données (déduites de la référence du bloc d'appartenance).

Les algorithmes de réduction des crêtes choisis pour illustrer cette description de l'invention sont les algorithmes suivants :

- 1/ Réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le débit de données : Cet algorithme consiste à modifier les coefficients de la matrice de Fourier en fonction du vecteur d'entrée ( ensemble de données à transmettre) de façon à ce que le signal de sortie (appelé symbole OFDM) présente un rapport crête / moyenne le plus proche possible de 1.

La modification des coefficients de la matrice a pour inconvénient d'augmenter la sensibilité au bruit et donc de dégrader légèrement le taux d'erreur

- 2/ Réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le taux d'erreur : Cet algorithme, qui est décrit dans le brevet US 5.636.247, consiste à ajouter au vecteur d'entrée des données supplémentaires calculées de façon à ce que le signal de sortie (appelé symbole OFDM) présente un rapport crête / moyenne le plus proche possible de 1.

Cette méthode, qui n'altère aucunement le procédé de modulation, a pour avantage de ne pas dégrader le taux d'erreur de la transmission, mais elle diminue l'efficacité de la transmission car elle abaisse son débit.

La figure 1 représente de façon schématique un émetteur de type OFDM réalisé suivant l'invention.

Un émetteur selon l'invention comporte  
un modulateur OFDM mettant en oeuvre un moyen de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant un débit de données maximal  
un modulateur OFDM mettant en oeuvre un moyen de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant un taux d'erreur minimal (Bit Error Rate, en anglais

- un moyen pour allouer un critère d'importance aux données à transmettre si celles-ci ne sont pas classifiées par la source et
  - un moyen pour insérer des données dans un flot de données.
  - Un interface radio fréquence

Plus précisément, une source de données 10 fournit un bloc de données à transmettre à une unité d'insertion 20 chargée d'insérer une information représentative du type de modulateur OFDM choisi (parmi deux

modulateurs OFDM 40, 50 privilégiant soit le taux d'erreur minimal, soit le débit de données maximal).

La source de données 10 fournit également un signal de commande 15, dont la fonction est, d'une part, d'indiquer à cette unité d'insertion 20 quelle information insérer (selon une classification en importance des données), et, d'autre part, de contrôler des multiplexeurs 30 et 60 de façon à utiliser le modulateur OFDM 40, 50 choisi.

Le signal modulé est ensuite transmis à une interface Radio Fréquence 70 de type classique.

Les modulateurs OFDM 40 et 50 sont respectivement un premier modulateur OFDM 40 adapté à mettre en œuvre un procédé de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le taux d'erreurs minimal (BER ou Bit Error Rate) et un second modulateur OFDM 41 adapté à mettre en œuvre un procédé de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le débit.

La figure 2 représente de la même manière de façon schématique un récepteur de type OFDM mettant en œuvre l'invention.

Un récepteur conforme à l'invention utilise, un démodulateur adapté pour tenir compte du système de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le débit de données, un démodulateur adapté pour tenir compte du système de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le taux d'erreur minimal, un moyen pour extraire des données de contrôle dans les données reçues.

Plus précisément, le signal reçu par une interface Radio Fréquence 110 est envoyé simultanément à une unité de sélection d'un démodulateur 120 et à l'entrée d'un multiplexeur 130 .

L'unité d'extraction 120 extrait des données reçues une information représentative du type de modulateur choisi et en déduit l'état des multiplexeurs 130 et 160 (blocs de sélection du démodulateur) qu'elle positionne par l'intermédiaire d'un signal 125.

Les blocs de démodulation OFDM 140 et 150 correspondent respectivement à un démodulateur OFDM 140 adapté à mettre en œuvre un procédé de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le taux d'erreur minimal (BER) et à un démodulateur OFDM 150 adapté à mettre en œuvre un

procédé de réduction du rapport crête / moyenne privilégiant le débit.

L'information représentative du type de modulateur OFDM choisi ne peut prendre qu'un nombre d'états très limité (deux dans le présent exemple non limitatif). Il est alors clair qu'on peut aisément la transporter sur les signaux de contrôle qui sont obligatoirement joints aux données à transmettre.

Dans l'exemple décrit ici, on met à profit l'existence des données de synchronisation P, S des symboles OFDM pour la transporter. Une multitude de propositions pour la synchronisation ont été décrites dans la littérature.

En général on ajoute un préfixe P et un suffixe S connus à un symbole OFDM, sur lesquels on fait une corrélation dans un corrélateur de type classique (non représenté sur les figures), ou bien un préfixe cyclique est utilisé, c'est à dire que les informations contenues dans une partie du message sont répétées après un intervalle de temps précis.

Une ligne à retard permet de corrélér le signal retardé avec le signal entrant et on obtient une suite de pics de corrélations qui permettent de rétablir un signal de synchronisation.

Dans le cas d'un tel procédé de synchronisation, pour transporter une information binaire il suffit de modifier le signe des données dans le préfixe P (ou le suffixe S) afin d'obtenir un signal de ligne opposé à la sortie du corrélateur.

Ce signal est alors porteur de l'information de synchronisation (par sa fréquence) et de l'information sur le type de modulation (par son signe).

La figure 3 illustre un tel exemple d'insertion de l'information représentative du type de modulateur choisi dans des séquences de synchronisation (dans le cas de la méthode préférée décrite ci-dessus).

Les schémas 3a représentent les signaux émis dans le cas du choix du premier modulateur OFDM 40 (privilégiant le taux d'erreur minimal). Dans ce cas les séquences de données sont émises par paquets (correspondant chacun à un symbole OFDM) comportant chacun un préfixe P et un suffixe S, formant une séquence de synchronisation. Les paquets de données sont séparés par un silence (correspondant à un temps de garde) lors de l'émission.

Les données insérées dans les préfixes P et suffixes S sont choisies de façon à générer un signal positif à la sortie du corrélateur.



Les schémas 3b représentent les signaux émis dans le cas du choix du second modulateur OFDM 50 (privilégiant le débit maximal). Dans ce cas les données insérées dans les préfixes P et suffixes S sont choisies de façon à générer un signal négatif à la sortie du corrélateur (remplacement de la séquence P par sa séquence opposée). On obtient ainsi simplement un moyen d'identifier le choix de modulateur OFDM effectué.

La figure 4 décrit un moyen de réalisation de l'émetteur selon l'invention incluant une unité de calcul CPU (Central Processing Unit) 400, une unité de stockage temporaire des données 410, une unité de stockage du programme 420, des moyens de saisie de caractère (clavier) 430, de restitution d'image 440 (écran) et des moyens permettant des entrées-sorties 450.

La mémoire vive 410 ou Random Access Memory sert de relais pour les données à transmettre ou reçues. On note aussi que les vecteurs résultant des opérations de modulation et démodulation sont aussi résidants en mémoire vive, de même que les données reçues mises sous forme de vecteurs avant ("*data-in*") et après ("*data-out*") leur transformation par la transformée de Fourier.

La figure 5 représente un algorithme mettant en œuvre l'invention dans un émetteur OFDM. Lorsqu'une nouvelle suite de données est prête à être émise (étape 200), on extrait l'information d'importance (signal 15 ) qui lui est associée (étape 210) et on l'analyse (étape 220).

Si la donnée est considérée comme hautement significative, on insère l'information "Most Significant Data" (étape 230) et on applique l'algorithme qui génère un symbole OFDM après ajout de bits de redondance qui diminuent la valeur crête du signal (étape 240) (privilégiant le taux d'erreur minimal).

Si la donnée est considérée comme moins significative, on insère l'information "Least Significant Data" (étape 250) et on applique l'algorithme qui génère un symbole OFDM en utilisant une matrice de transformée de Fourier rapide inverse (IFFT) modifiée de façon à diminuer la valeur crête du signal (étape 260) (privilégiant le débit maximal)

Une fois le symbole OFDM généré, il est émis de façon classique via l'interface RF (étape 270).

En résumé, le mode de fonctionnement en émission est le suivant.

Lorsque l'émetteur reçoit un bloc de données à transmettre, il en analyse l'importance (soit en lisant l'information jointe par la source, soit en identifiant la source ou par tout autre moyen) et décide du type de modulateur OFDM à utiliser.

5            Si les données sont classifiées de première importance (dans notre exemple : image basse fréquence), le système choisit le premier modulateur OFDM 40 permettant d'assurer le taux d'erreur minimal minimal.

             Si les données sont classifiées de seconde importance (dans notre exemple images haute fréquence), le système choisit le second modulateur  
10    OFDM 50 permettant d'assurer le débit maximal.

             Dans les deux cas, après avoir effectué ce choix, le système insère une information par l'intermédiaire du bloc 20 pour indiquer au récepteur quel type de démodulateur OFDM 140, 150 utiliser (un exemple de module d'insertion de cette information est décrit plus loin) et commande les multiplexeurs 30, 60 de  
15    façon que les données subissent la modulation choisie.

             En réception, lorsque le récepteur reçoit un bloc de données via son interface RF 110 (dans une étape 300), il en extrait tout d'abord dans l'unité d'extraction 120 (dans une étape 310) l'information représentative du type de modulateur utilisé, l'analyse (dans une étape 320) et génère un signal 125 de  
20    commande (dans une étape 330) représentatif du type de démodulation à appliquer. Les blocs de sélection de démodulateur 130, 160 sont ainsi positionnés de façon à que les données reçues subissent la démodulation appropriée (dans des étapes 340, 350). Les informations démodulées sont finalement transmises à leur destination (dans une étape 360).

25            Il est à noter que, pour la simplicité de présentation, on a ici représenté 2 modulateurs (et 2 démodulateurs) indépendants, mais, en pratique, il est plus judicieux de n'implémenter qu'une fois les parties communes (IFFT, conversions parallèle / série , FFT,...) et de commuter les parties spécifiques à chaque traitement de réduction du rapport crête / moyenne.

30            Toutes les étapes décrites ci-dessus peuvent se mettre en œuvre par des moyens logiciels ou matériels.

             Le choix entre l'un et l'autre s'effectue sur des considérations liées au débit binaire à obtenir. L'exécution par un moyen logiciel a été plus précisément

décrite au regard de la figure 5. Bien que l'invention ait été décrite dans le cas simple de l'utilisation de deux procédés de réduction du rapport crête / moyenne, il est évident que cette invention peut s'étendre à l'utilisation d'un nombre  $n$  quelconque de types de traitement en utilisant des niveaux supérieurs de classifications des données et un système de codage de l'information représentative du "type de modulateur" plus complexe.

Dans une autre réalisation la suite d'instructions formant le programme peut ne pas résider en ROM, mais être placées en RAM, puis exécutées. L'algorithme décrit précédemment peut facilement être intégré dans cette réalisation par l'homme de l'art, mais d'autres moyens de réalisation sont possibles.

Il est à noter que la source de données 10 peut par exemple être un système de compression d'images utilisant des techniques de codage progressif tel que le codage en sous-bandes, par fractales, par transformée (Transformée Discrète Cosinus : DCT, ondelettes), en objet vidéo (MPEG4); ces systèmes produisant naturellement des signaux d'importance variable, l'unité de classification des données peut se réduire à un codage de ce niveau d'importance.

La portée de la présente invention ne se limite pas aux détails des formes de réalisation ci-dessus considérés à titre d'exemple, mais s'étend au contraire aux modifications à la portée de l'homme de l'art. Il est clair par exemple que l'invention s'étend à un procédé de transmission de données sur un canal de transmission utilisant une modulation de type multiporteuses, une mesure d'importance étant attribuée à chaque donnée ou groupe de données à transmettre, et les différentes classes de données étant émises en utilisant des modulateurs privilégiant soit le débit binaire, soit le taux d'erreur, soit l'énergie transmise.

## REVENDECATIONS

**1. Procédé de transmission de données** sur un canal de transmission utilisant une modulation de type multiporteuses, caractérisé en ce que une mesure d'importance est attribuée à chaque donnée ou groupe de données à transmettre, et en ce que les données des différentes classes ainsi définies sont émises en utilisant des modulateurs privilégiant soit le débit binaire, soit le taux d'erreur, selon la classe à laquelle appartiennent lesdites données.

**2. Procédé de transmission de données** sur un canal de transmission utilisant une modulation de type multiporteuses, caractérisé en ce que une mesure d'importance est attribuée à chaque donnée ou groupe de données à transmettre, et en ce que les données les plus importantes sont émises après modulation privilégiant un taux d'erreur minimal, les autres données étant émises après modulation privilégiant un débit de données maximal.

**3. Procédé d'émission de données** d'un dispositif local A vers un dispositif distant B par un canal de transmission, le dispositif local A comportant une source de données (10), deux modulateurs multiporteuses (40, 50) adapté pour le premier (40) à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second (50) à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs (30, 60) adaptés à sélectionner un modulateur (40, 50), un interface radio fréquences RF (70),

caractérisé en ce qu'il comporte des opérations de :

- réception en provenance de la source (10) d'une nouvelle suite de données à émettre (étape 200),
- extraction de l'information d'importance qui lui est associée (étape 210) et analyse de cette information (étape 220),
- si la donnée est considérée comme hautement significative, insertion d'une information "Most Significant Data" (étape 230) et application d'un algorithme qui génère un symbole OFDM après ajout de bits de redondance qui diminuent la valeur crête du signal (étape 240) (privilégiant le taux d'erreur minimal),
- si la donnée est considérée comme moins significative, insertion d'une information "Least Significant Data" (étape 250) et application d'un algorithme

qui génère un symbole OFDM en utilisant une matrice de transformée de Fourier rapide inverse (IFFT) modifiée de façon à diminuer la valeur crête du signal (étape 260) (privilégiant le débit maximal),

-émission du symbole OFDM généré, par l'intermédiaire de l'interface  
5 RF (étape 270).

4. **Procédé selon la revendication 3**, caractérisé en ce que l'étape d'insertion (230, 250) de l'information représentative du type de modulateur choisi utilise le préfixe (P) et le suffixe (S) insérés dans les données à transmettre disposés sous forme de symboles OFDM par le module assurant la  
10 synchronisation du récepteur .

5. **Procédé de réception de données émises par un dispositif distant A via un canal de transmission, le dispositif de réception B comportant un récepteur radio-fréquences (110), deux démodulateurs multiporteuses (140, 150) adapté pour le premier (140) à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le  
15 second (150) à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs (130, 160) adaptés à sélectionner un démodulateur (140, 150), une unité d'extraction (120) de type de démodulateur à utiliser,**

caractérisé en ce qu'il comporte des opérations de :

20 - réception par le récepteur radio-fréquences (110) d'une nouvelle suite de données (étape 300),

- extraction de l'information d'importance qui lui est associée (étape 310) et analyse de cette information (étape 320),

25 - génération d'un signal de commande (125) représentatif du type de démodulation à appliquer),

- si la donnée est considérée comme hautement significative, application d'une démodulation privilégiant un taux d'erreur minimal (étape 340)

30 - si la donnée est considérée comme moins significative, application d'une démodulation privilégiant un débit de données maximal (étape 350)

- envoi des données démodulées vers la destination (étape 370).

6. **Dispositif A d'émission de données vers un dispositif distant B par un canal de transmission, le dispositif A comportant une source de données**

(10), un interface radio fréquences RF (70),

caractérisé en ce que le dispositif selon l'invention comporte également deux modulateurs multiporteuses (40, 50) adapté pour le premier (40) à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second (50) à privilégier le débit de données maximal, et des multiplexeurs (30, 60) adaptés à sélectionner un modulateur (40, 50), et une unité d'insertion (20) chargée d'insérer dans les données une information représentative du modulateur (40, 50) choisi selon un critère d'importance des données reçues de la source (10), ce critère commandant par ailleurs les multiplexeurs (30, 60).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce l'unité d'insertion (20) de l'information représentative du type de modulateur choisi utilise le préfixe (P) et le suffixe (S) insérés dans les données à transmettre disposés sous forme de symboles OFDM par le module assurant la synchronisation du récepteur.

8. Dispositif d'émission de données selon l'une des revendications 6 à 7, caractérisé en ce que il comporte une unité de calcul CPU (400), une unité de stockage temporaire de données (410), une unité de stockage de programme (420), des moyens de saisie de caractère (clavier par exemple) (430), des moyens de restitution d'images (440) et des moyens permettant des entrées-sorties (450).

9. Dispositif de réception B de données émises par un dispositif distant A via un canal de transmission, le dispositif de réception B comportant un récepteur radio-fréquences (110),

caractérisé en ce que le dispositif de réception comporte également deux démodulateurs multiporteuses (140, 150) adapté pour le premier (140) à privilégier le taux d'erreur minimal, pour le second (150) à privilégier le débit de données maximal, des multiplexeurs (130, 160) adaptés à sélectionner un démodulateur (140, 150), une unité d'extraction (120) de données de contrôle (type de démodulateur à utiliser) et de génération d'un signal (125) de commande des multiplexeurs (130, 160).

10. Dispositif de réception de données selon la revendication 9, caractérisé en ce que il comporte une unité de calcul CPU (400), une unité de

stockage temporaire de données (410), une unité de stockage de programme (420), des moyens de saisie de caractère (clavier par exemple) (430), des moyens de restitution d'images (440) et des moyens permettant des entrées-sorties (450).

5           11. Téléphone, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

12. Appareil photographique, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

10           13. Imprimante, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

14. Scanner, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

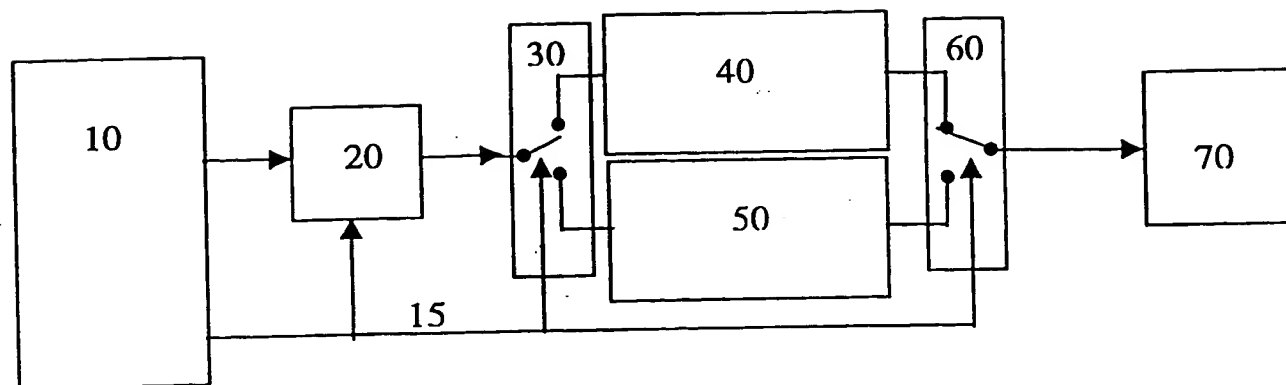
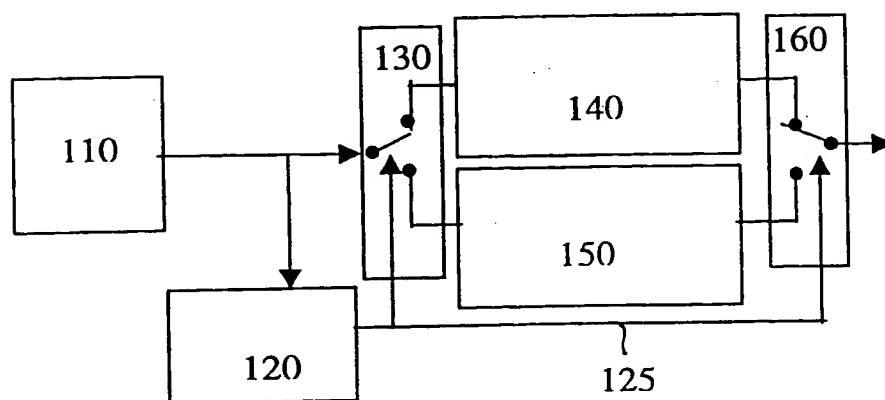
15           15. Caméra, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

16. Ordinateur, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

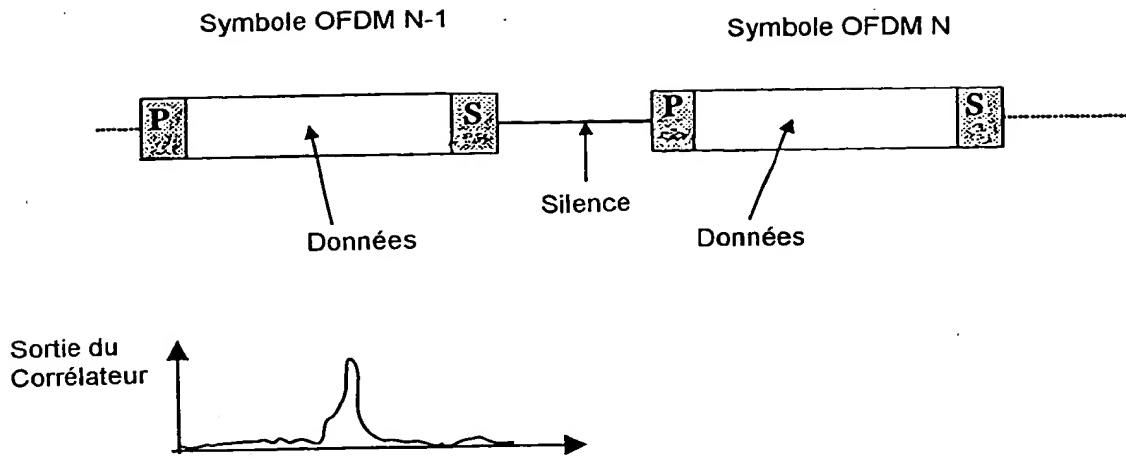
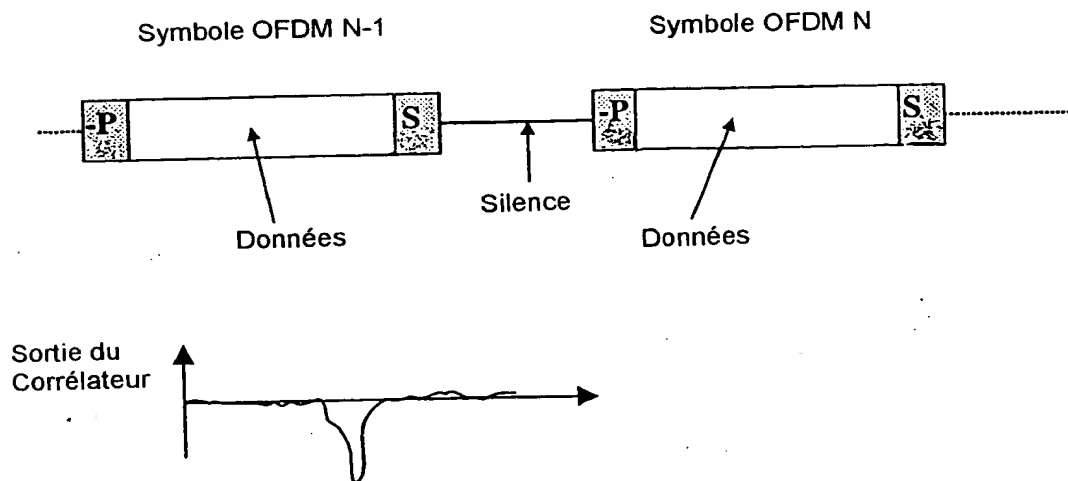
17. Télécopieur, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

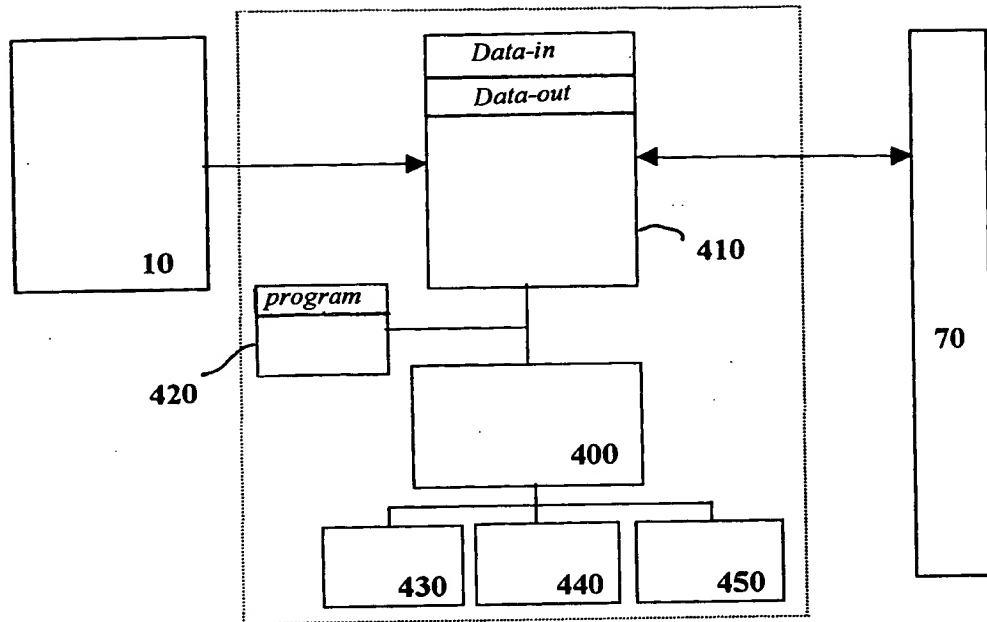
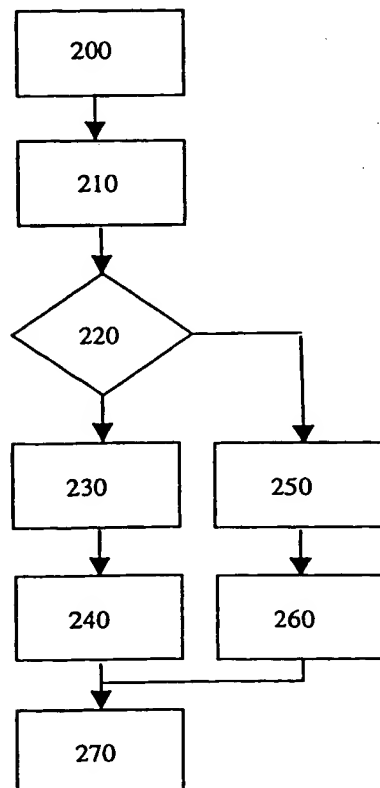
20           18. Téléviseur, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

19. Lecteur audio/vidéo, caractérisé en ce que il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.

**Fig. 1****Fig. 2**



**Fig. 3A****Fig. 3B**

**Fig. 4****Fig. 5**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**